

concrete paving

notes

Construction No. 1

Portland Cement Concrete Pavements: Construction Basics

by Jim Grove, P.E., Harold Smith, P.E., and Marcia Brink
Translated into Spanish by Augusto R. Canales, PhD

This booklet will help developers, consultants, and engineers planning concrete pavement construction projects, superintendents and supervisors who want a basic training aid and reference, and crew members new to the concrete paving industry. It provides a general description of current concrete pavement construction practices, from establishing preconstruction control mechanisms to sealing joints. It also provides a quick troubleshooting reference.

Table of Contents

General principles	1
Site preparation	4
Preparing the grade, or road bed	4
Establishing the stringline	6
Placing dowel baskets	7
Slip-form paving operations	10
Wetting the grade	10
Delivering the mix	10
Placing the concrete	12
Spreading and consolidating the concrete	12
Setting header joints	13
Placing tiebars during construction	14
Finishing	14
Texturing	14
Curing	15
Insulating	15
Jointing	15
Why joints are important	15
Rules of thumb	15
Sawing joints	16
Cleaning and sealing joints	17
Special weather considerations	17
Hot, dry weather paving	17
Cold weather paving	18
Rain	19
Troubleshooting	20

General principles

Understanding and adhering to the following concrete paving principles will go a long way toward delivering a well constructed, durable pavement:

- Everyone at the construction site, particularly foremen and supervisors, is responsible for recognizing and troubleshooting potential problems as they arise.
- Batches of concrete should be consistent and uniformly mixed.
- A major cause of pavement failure is unstable subgrade. The subgrade should consist of uniform material, and the subgrade system must drain well.
- Dowel bars are important for load transfer at transverse joints on pavements with high truck volumes. Dowels must be carefully aligned, horizontally and vertically, to prevent pavement damage at the joints.
- Stringlines control the slipform paver's horizontal and vertical movement and ensure a smooth pavement profile. Once stringlines are set, they should be checked often and not disturbed.
- Overfinishing the new pavement and/or adding water to the surface can lead to pavement surface problems. If the concrete isn't sufficiently workable, crews should contact the project manager. Changes to the mixture or to paver equipment may reduce the problem.
- Proper curing is critical to preventing pavement damage from rapid moisture loss at the pavement surface.
- A well spaced and constructed system of joints is critical to prevent random cracking.
- Joints are simply controlled cracks. They must be sawed during the brief time after the pavement has gained enough strength to prevent raveling but before it begins to crack randomly (the "sawing window").
- Seasonal and daily weather variations affect setting time and other variables in new concrete. Construction operations should be adjusted appropriately.



© Copyright 2005 Iowa State University
All rights reserved

Center for Portland Cement Concrete Pavement Technology
ISU Research Park
2901 S. Loop Drive, Suite 3100
Ames, IA 50010-8632

Concrete Paving Notes, Construction No. 1
Portland Cement Concrete Pavements: The Basics

(Pavimentos de Concreto a Base de Cemento Portland: Las Bases de Construcción)
January 2005

Major funding and support for this publication were provided by the Iowa
Concrete Paving Association and the Iowa Department of Transportation.

The opinions, findings, and conclusions expressed in this publication are
those of the authors and not necessarily those of Iowa State University,
Iowa Department of Transportation, or Iowa Concrete Paving Association,
who disclaim any and all responsibility and liability for the accuracy of and
the application of the information contained herein to the full extent permitted
by law.

Pavimentos de Concreto a Base de Cemento Portland: Las Bases de Construcción

Por Jim Grove, P.E., Harold Smith, P.E., y Marcia Brink

Traducción: Augusto R. Canales, PhD

Este folleto ayudará a los desarrolladores, consultores, Ingenieros que planean los proyectos de construcción de pavimentos, superintendentes y supervisores que desean una capacitación básica, y personal nuevo en las cuadrillas en la industria de pavimentos de concreto. Provee una descripción general de las practicas actualizadas de la construcción de pavimentos de concreto, desde establecer los mecanismos de control durante la preconstrucción hasta el sellado de las juntas. También provee una referencia rápida para resolver problemas.

Tabla de Contenidos

Principios generales	1
Preparación del sitio	4
Preparación de la terracería, o cama del camino	4
Colocando el cordel	6
Colocando las canastas de dovelas	7
Operaciones de pavimentación con cimbra deslizante	10
Humedeciendo el terreno	10
El envío de la mezcla	10
Colocación del concreto	11
Extendiendo y consolidando el concreto	12
Colocación de juntas de construcción o cabezal	13
Colocación de las barras de unión durante la construcción	14
Acabado	14
Texturizado	14
Curado	14
Aislamiento	15
Ranurado de juntas	15
Porque la juntas son importantes	15
Reglas de dedo	15
Juntas ranuradas	15
Limpieza y sellado de juntas	17
Condiciones especiales de clima	17
Pavimentando en clima seco y caliente	17
Pavimentando en clima frío	18
Lluvia	19
Soluciones	20

Principios generales

Entender y adherirse a los siguientes principios de los pavimentos de concreto ayudará grandemente en la construcción y entrega de un pavimento duradero y muy bien construido:

- Todos en la obra de construcción, particularmente los mayordomos y supervisores, son responsables de ubicar y resolver los problemas como se vayan presentando.
- Las cargas (coladas) de concreto deben ser consistentes y mezcladas uniformemente.
- La causa mayor en la falla de los pavimentos es una sub-base inestable. La sub-base debe consistir de material uniforme y debe drenar libremente.
- Las dovelas son importantes para la transferencia de carga a través de las juntas. Deben se alineadas cuidadosamente, de forma horizontal y vertical para prevenir el daño al pavimento en las juntas.
- Un cordel acotado controla el movimiento vertical y horizontal de la cimbra de la pavimentadora para asegurar un perfil de pavimento liso. Toda vez que el cordel ha sido colocado, no debe desajustarse.
- Sobre-acabado en el nuevo pavimento y/o agregar mas agua a la superficie puede dañar seriamente la superficie del pavimento. Si el concreto no esta suficientemente trabajable, las cuadrillas deben llamar al Gerente de Proyecto. Cambios en la mezcla o al equipo pavimentador puede reducir el problema.
- El curado adecuado es crítico para prevenir daño al pavimento debido a la perdida de humedad en la superficie del mismo.
- Un sistema de juntas adecuadamente espaciadas y construidas es critico para evitar las grietas al azar.
- Las juntas no son mas que grietas controladas. Deben ser ranuradas durante el breve periodo de tiempo después que el pavimento ha ganado suficiente esfuerzo para prevenir desmoronamientos pero antes de que empiece a agrietarse al azar (" La ventana del corte").
- Las variaciones de clima y temperaturas diarias afectan el tiempo de fraguado y otras variables en el nuevo concreto. Las operaciones de construcción deben ajustarse apropiadamente.

Site preparation

Before construction begins, the construction site must be carefully prepared. This includes preparing the grade, establishing control mechanisms (the stringline), and placing dowel baskets.

Preparing the grade, or roadbed

The majority of concrete pavement failures are not caused by failure of the concrete slab but by problems with the materials beneath the slab. These problems can include poor drainage, unstable or nonuniform materials, or poor compaction.

Adequate preparation of the roadbed—the subgrade, subbase, and base—is essential for a strong, durable concrete pavement system.

- **Subgrade:** earth that has been graded to the desired elevation. (In county and municipal paving projects with low traffic volumes, concrete is often placed directly on the prepared earth subgrade.)
- **Subbase:** a course of material that is placed on the subgrade to provide drainage and stability. Three kinds of subbases may be used, based on the need to balance drainability and stability:

Granular subbase is the most drainable subbase. It is a mixture of granular material that is uniformly shaped and minimally compacted. It does not provide significant structural support; no construction traffic is allowed on a granular subbase. Iowa DOT uses granular subbase under most concrete pavements.

Modified subbase is moderately drainable. It contains a greater percentage of crushed particles and a denser gradation than granular subbase, providing more stability.

Special backfill provides more stability and support but is the least drainable. It is generally a uniform mixture of crushed concrete or crushed limestone, or a mixture of gravel, sand, and soil, with or without crushed stone. Special backfill or modified subbase is often used under pavement in urban areas to support construction traffic.

- **Base:** a course of fairly rigid material, sometimes cement- or asphalt-treated, that is placed on the subbase to provide a stable platform for the concrete pavement slab.

Preparing the subgrade

First the site is graded to cut high points and fill low areas to the desired roadway profile elevations. Generally, cut material can be used as embankment fill. However, peat, organic silt, or soil with high organic content should not be used; borrow material should be used instead.

Preparación del sitio

Antes del inicio de la construcción, el sitio debe ser cuidadosamente preparado. Esto incluye preparar la terracería, establecer los mecanismos de control (El cordel acotado), y colocar las canastas de dovelas.

Preparación de la terracería, o cama del camino

La gran mayoría de las fallas en los pavimentos no son causadas por fallas de la losa de concreto, sino por problemas con los materiales bajo la losa. Estos problemas pueden ser mal drenaje, materiales no uniformes e inestables, o una mala compactación.

La adecuada preparación de la cama del camino—la terracería, la subbase, y base—es esencial para un sistema de pavimento fuerte y durable.

- **Terracería:** el terreno que ha sido nivelado a la elevación deseada. (en los proyectos de los condados, y municipales que tienen bajo volumen de tráfico, el concreto a menudo es colocado directamente sobre la terracería preparada).
- **Sub-base:** una capa de material colocado sobre la terracería para proveerle drenaje y estabilidad. Tres tipos de Sub-bases pueden ser usadas, con base en la necesidad de balancear el drenaje y la estabilidad:

La sub-base granular es lo más drenable que existe. Es una mezcla de material granular que se le da forma uniformemente, se y se le compacta de manera mínima. No provee soporte estructural significativo; no se permite tráfico de construcción sobre la sub-base. El DOT de Iowa usa sub-bases granulares debajo de la mayoría de sus pavimentos de concreto.

La sub-base modificada es moderadamente drenable. Contiene un porcentaje más alto de partículas trituradas y una graduación más densa que la sub-base granular, lo cual provee más estabilidad.

El relleno especial provee más estabilidad y soporte pero es menos drenable. Es generalmente una mezcla uniforme de concreto triturado o caliza triturada, o una mezcla de grava, arena, y suelo, con o sin piedra triturada. Rellenos especiales o sub-bases modificadas son usadas seguido bajo pavimentos urbanos para soportar el tráfico de construcción.

- **Base:** una capa de material de relleno mas bien rígido, algunas veces tratado con cemento o con asfalto, que se coloca sobre la sub-base para proveer una plataforma estable para la losa de concreto del pavimento.

Stabilization

Stable soils are generally defined as those that can support loads. Loam or clay loam of glacial till origin or clean sand is typically desirable.

Just as important as the soil's quality, however, is its uniformity. During excavation, localized pockets of various kinds of soil may be encountered where water absorption rates, densities, and expansion and contraction rates may vary. These pockets lead to different levels of support.

To stabilize the subgrade so that it will provide uniform support to the rest of the pavement structure, localized pockets of undesirable material should be removed and replaced with the dominant soil type or with select backfill, or the soil should be treated with additives.

Typical stabilizing materials are select soils or backfill—loam or clay loam, clean sand, or other stable soil material—excavated from road cuts or borrow sites.

Typical stabilizing additives include the following:

- **Lime:** either quicklime or hydrated lime, either high calcium or dolomitic. Through chemical reactions with soil, lime reduces soil plasticity and increases compressive strength. It is sometimes used to stabilize wet soils.
- **Portland cement:** hydrates with moisture in the soil and hardens. Portland cement performs best with well graded, sandy, and gravelly materials with 10 to 35 percent fines. More cement is usually needed for soils with little or no fines and with clay soils.
- **Fly ash:** a byproduct of coal furnaces. When mixed with soil and water, it acts as a binder. Self-cementing Class C fly ash can be used for treating subgrades.

A layer of polymer geosynthetic, called geogrid, may be used as a foundation under special backfill to provide underlying tension reinforcement. The grid interlocks with aggregates in special backfill and spreads wheel loads over a large area.



Fly ash can be used as a soil-stabilizing additive.

La ceniza volante puede usarse como aditivo estabilizador del suelo.

Preparando la terracería

Primeramente el sitio se nivela cortando los puntos altos y rellenando las áreas bajas a la elevación deseada. El área nivelada, o terracería, deberá extenderse por lo menos tres pies mas allá de la orilla del pavimento planeado. Esto provee una cimentación para las estacas y un suelo firme para los carriles del equipo pavimentador.

Generalmente material producto del corte puede ser usado como relleno del terraplén. Sin embargo, la turba, o limo orgánico, o material con alto contenido orgánico no debe ser usado; material de préstamo debe ser usado en estos casos.

Estabilización

A los suelos estables se les define generalmente como aquellos que pueden soportar cargas. Suelos arcillosos o tilita de origen glacial, o arenas limpias son típicamente deseables.

Sin embargo, tan importante como la calidad del suelo, es su uniformidad. Durante la excavación, se pueden encontrar lentes de diferentes tipos de suelo. Diferentes suelos absorben agua de diferente manera, tienen densidades diferentes y se expanden o contraen a diferente velocidad, por lo tanto proporcionan diferentes niveles de soporte.

Para estabilizar la terracería de tal forma que pueda proveer soporte uniforme al resto de la estructura de pavimento, algunos suelos son removidos y reemplazados con material selecto de relleno, o el suelo es tratado con aditivos.

Los típicos materiales para estabilización son suelos para relleno seleccionados—arcilla limosa, arenas limpias u otros materiales de suelo estable—excavados de cortes de caminos o préstamo de banco.

Típicos aditivos estabilizantes incluyen los siguientes:

- **Cal:** ya sea cal viva o cal hidratada, sea con alto contenido de calcio o dolomítica. A base de las reacciones químicas con el suelo, la cal reduce el Índice Plástico del suelo y aumenta su esfuerzo compresivo. Algunas veces se usa para estabilizar suelos mojados.
- **Cemento pórtland:** se hidrata con la humedad del suelo y se endurece como cemento. El cemento Pórtland reacciona mejor con suelos bien graduados, arenas y gravas con 10 a 35 por ciento de finos. Se necesita mas para suelos con muy poco o nada de contenido de finos y para suelos arcillosos.
- **Ceniza volante:** es un sub-producto de los hornos de carbón. Cuando se le mezcla con suelo y agua, actúa como un cementante. La ceniza volante clase C auto cementante se usa para tratar las terracerías.

Compaction and trimming

Before compacting, subgrade material may have to be brought to the optimum moisture content. The subgrade must be thoroughly compacted, generally with a sheep's foot roller, to provide a strong platform for construction activities.

After compaction, a proof-roller (a heavy, loaded, pneumatic-tired vehicle) is driven over the subgrade to locate soft areas or other problems that may require additional stabilization.

Finally, an electronically controlled trimmer machine is used to trim the subgrade surface to the profile grade. The trimmer runs off the stringline for both elevation and alignment control. Trimming should occur within a week of proof-rolling.

The subgrade cannot be used for a haul road. Trucks are only allowed to drive on the grade for dumping.



Trimming a granular subbase

Afinando una sub-base granular

Constructing the subbase (Iowa method)

On Iowa's primary roads, the concrete will be placed directly on the subbase, so the subgrade must provide adequate structural support. Generally, one course of well graded aggregate is placed on the subgrade. (Other subbase materials are modified subbases and special backfill.) Granular subbases must be compacted with a non-vibratory roller and trimmed.

The subbase must also provide good drainage. However, during the trimming process, fine aggregates can separate from the larger particles, creating a thin layer of fines on the surface that reduces the subgrade's permeability. This is most likely to happen if the subbase material is very dry.

Establishing the stringline

A stringline, supported by stakes alongside the paving lane, guides the paving equipment horizontally and vertically. The pad line, or track line, is the space between the stringline and new pavement; it must provide adequate room for paver tracks and have a stable, smooth surface.

The stringline must be set outside the pad line, parallel to the proposed pavement, to guide the trimmer, slip-form paver, and other paving equipment. The paver's elevation-

Una capa de polímero geosintético, llamado geored, puede usarse como cimentación abajo del relleno especial a manera de proporcionar soporte a la tensión. La red se entrelaza con los agregados del relleno especial y distribuye las cargas sobre un área mayor.

Compactación y afine

Antes de compactarse, el material seco de terracería debe ser rociado con agua y homogenizado para obtener el nivel óptimo de humedad. La terracería debe ser totalmente compactada, generalmente con un rodillo pata de cabra, para proporcionar una plataforma firme para las actividades de construcción.

Después de la compactación, un rodillo de prueba (un vehículo sobre neumáticos, pesado y cargado) debe ser pasado sobre la terracería con el fin de ubicar áreas blandas o cualquier otro problema que requiera estabilización adicional.

Finalmente, una máquina afinadora electrónicamente controlada es usada para afinar la superficie de la terracería al nivel deseado. La afinadora se ajusta al cordel para control tanto de la elevación como del alineamiento. El afine debe ocurrir en el lapso de una semana del roleo de prueba.

La terracería no puede usarse como camino. A los camiones se les permite usarla solo para descargar.

Construyendo la sub-base (El método de Iowa)

El concreto será colocado directamente sobre la sub-base, por lo tanto esta debe proveer adecuado soporte estructural. Generalmente, una capa de agregado bien graduado es colocado sobre la terracería. (otros materiales para sub-base son sub-bases modificadas o rellenos especiales). Las sub-bases granulares deben ser compactadas con un rodillo no-vibratorio y posteriormente afinadas.

La sub-base debe también proveer buen drenaje. Sin embargo, durante el proceso de afine, las partículas finas pueden separarse de las partículas gruesas, creando una delgada capa de finos en la superficie que reduce la permeabilidad de la terracería. Esto es muy posible que ocurra si el material de sub-base esta muy seco.

Colocando el cordel

Un cordel, apoyado en estacas, a lo largo de la línea de pavimento, sirve de guía al equipo de pavimentación, de forma horizontal y vertical. La cama fuera de la sub-base es el espacio (o distancia) entre el cordel y el nuevo pavimento; debe proveer suficiente espacio para que las orugas de la pavimentadora tengan una superficie lisa y estable.

Un cordel debe ser colocado fuera de la sub-base, paralela al propuesto pavimento, para guiar a la afinadora, la pavimentadora de cimbra deslizante, y a cualquier otro equipo de pavimentación, de forma horizontal y vertical. Las

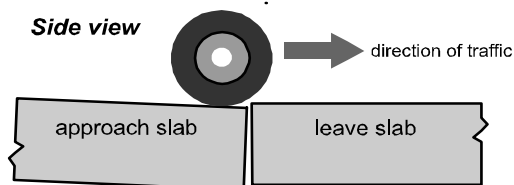
Setting the stringline

Before the grade is prepared for paving operations, surveyors install the stringline. The stringline may be wire, cable, woven nylon, polyethylene rope, or similar material.

1. Paving hubs, or construction stakes, are installed at certain intervals outside the pad line, along with pie stakes (flats) showing the difference in elevation between the top of the slab and the hub. A stringline support stake is securely placed just outside each hub so that the stringline will be directly over the hub.
2. The appropriate stringline height is calculated relative to the hub elevations, the offset distance (either level or projected) between hub and pavement reference point, and the desired grade.
3. Finally, the line is installed between stakes, adjusted to the desired height, and made taut.
4. Hand winches are generally installed at about 1,000-foot intervals. The winches allow the line to be tightened to prevent sagging between stakes. (Apply stringline tension carefully; a line break may cause injuries.)
5. For maximum control, contractors normally set stringlines on both sides of the proposed pavement.

Practices vary from state to state, but dowel bars are typically required in eight-inch or thicker pavements.

Dowels must be positioned and aligned perfectly so that, as joints open in winter and close in summer with contraction and expansion of the concrete, the pavement on either side of the joints can move in a straight line along the smooth dowels.



Without dowels, the slab on either side of a joint tends to move up and down; that is, there is little "load transfer" at the joint.

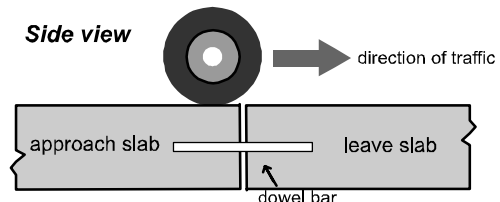
Sin dovelas, las losas a cada lado de la junta tienden a moverse independiente hacia arriba y hacia abajo; y no existe "Transferencia de Carga" en la junta.

Instalando el cordel

Los topógrafos instalan el cordel mientras que la terracería esta siendo preparada para las operaciones de pavimentación. El cordel puede ser de alambre, cable, o cuerda de nylon o polietileno tejido, o materiales similares.

1. Estacas acotadas para construcción de 2" x 2", se instalan a ciertos intervalos afuera de la línea del avance de la maquina, junto con estacas triangulares para escribir que muestren la diferencia entre la parte superior de la losa y la elevación de la estaca de construcción. Una soporte del cordel se coloca justo al lado y afuera de cada estaca de tal manera que el cordel estará directamente sobre el estaca.
2. La altura apropiada del cordel se calcula de las elevaciones de al estaca, la distancia (sea a nivel o proyectada) entre la estaca y el pavimento, y el perfil deseado
3. Finalmente, el cordel se instala entre las estacas de soporte, ajustada a la altura deseada y bien estirado.
4. Malacates de mano se instalan generalmente a intervalos de 1,000 pies. Los malacates permiten que la línea sea estirada para prevenir se cuelgue entre estacas. (Aplique la tensión cuidadosamente, una línea que se quiebre puede causar lesiones)
5. Para máximo control, los contratistas pueden instalar cordeles en ambos lados del pavimento propuesto.

Si una varilla de las dovelas no esta bien alineada al cruzar la junta, el pavimento no se puede deslizar. Los esfuerzos resultantes pueden agrietar el pavimento.



Dowels help provide load transfer at the joint.

Las dovelas proveen transferencia de carga en la junta.

If a dowel bar is not aligned truly across the joint, the pavement can't move and a stress results. The stress can crack the pavement.

Basket placement

After the subbase has been properly trimmed and inspected, dowel baskets are set on the road bed, perpendicular to the pavement edge or at a slight skew (often 6:1). The bars should be located at the mid-depth of the slab and carefully aligned, horizontally and vertically.

As mentioned above, location and alignment of the bars is critical. If they are too close to the edge, the paving equipment will snag them.

When the bars are correctly aligned, the baskets must be secured with stakes. Practices vary from state to state, but a minimum of eight stakes (for 12- or 14-foot lane widths) are placed on the leave side of the basket wire to secure the basket against movement.

The location of dowel centers is then marked on both sides of the roadbed, either by setting pins or painting marks. The markers indicate where joints should be sawed, ensuring that they will be sawed across the center of the dowel assembly.

Final check

Dowel positions should be checked from three perspectives:



Colocación de la canasta

Después de que la sub-base ha sido adecuadamente afinada e inspeccionada, las canastas de dovelas deben ser colocadas en la cama del camino, perpendicular o esquinadas a la orilla del pavimento o ligeramente inclinadas (típicamente 6:1). Las varillas de la dovela deben ser cuidadosamente colocadas a media profundidad de la losa y alineadas horizontal y verticalmente.

Como se menciona antes, la ubicación y el alineamiento de las dovelas es crítico, si están muy cerca de la orilla, el equipo de pavimentación la dañará.

Cuando las barras están correctamente alineadas, las canastas deben ser fijadas con estacas. Estas prácticas varían de estado a estado, pero un mínimo de ocho estacas (por cada ancho de carril de 12 o 14 pies) deben ser colocadas en el lado de salida de la canasta para asegurar la misma contra el movimiento.

La ubicación de los centros de dovelas se marcan en ambos lados de la cama del camino, ya sea con pijas o con marcas de pintura. Las marcas indican el lugar donde las juntas deben ser ranuradas, asegurando que serán ranuradas a lo largo del centro del montaje de dovelas.

Revisión final

Las posiciones de las dovelas deben ser revisadas desde tres perspectivas:

1. Vista hacia lo largo del camino para asegurar que las dovelas están paralelas a la línea de centro.
2. Vista transversal de las canastas de dovelas para asegurar que todas las dovelas están niveladas. Las canastas deben estar paralelas a y alineadas con respecto a si mismas.
3. Vista a lo largo de la canasta, imaginando una línea desde la pija o marca en un extremo hasta el pija o marca en el otro extremo. Asegurarse de que el centro de las dovelas cae exactamente a lo largo de la línea.

Here, misalignment of the dowel bars could eventually lead to joint damage.

Aquí, el alineamiento chueco de las dovelas pudiera eventualmente crear daño en la junta.

1. Sight down the grade to make sure all dowels are parallel to center line.
2. Sight across the dowel baskets to make sure all dowels are level. The basket assemblies should be parallel to and aligned with each other.
3. Sight across the basket, imagining a line from the pin or mark on one side to the pin or mark on the other side. Make sure the middle of the dowels falls exactly along that line.

After dowels have been placed, an inspector should check basket spacing, alignment, and skew.

Slip-form paving operations

From delivery of the concrete mixture to curing the slab, slip-form paving operations should proceed at a consistent pace. Every construction worker should have a basic understanding of the entire operation.

Wetting the grade

A dry subbase draws water from the bottom of the concrete mixture. This can produce stress due to differential moisture levels throughout the slab, causing cracking.

To help prevent these stresses, thoroughly spray the subbase with water shortly before placing the concrete, allowing the water to soak in adequately. The subbase should be noticeably wet but should not have standing water.

Wetting may not be necessary after a recent rain.

Delivering the mix

When transporting the mixture from plant to construction site, the goal is to deliver well mixed, workable concrete to the construction site. It is essential that the mixture be uniform and consistent from batch to batch.

Generally, concrete mixtures are transported by dump trucks, agitator trucks, or ready-mix trucks. One factor affecting choice of transport methods is the time available for delivery. Exceeding the appropriate delivery times affects the concrete's workability. Extensive delays may make it necessary to shut down paving operations and construct a header joint (see page 13).

Dump trucks

By Iowa specifications, dump trucks generally have only 30 minutes after the concrete is mixed to deliver and place it at the job site. (If retarding admixtures are used, the supervising engineer may extend the delivery time to 60 minutes.)

Después de que las dovelas han sido colocadas, un inspector deberá revisar el espaciamiento de las canastas, el alineamiento, y el ángulo.

Operaciones de pavimentación con cimbra deslizante

Desde el envío de la mezcla de concreto hasta el curado de la losa, las operaciones de pavimentación con cimbra deslizante deben proceder a un paso consistente. Cada trabajador debe tener un conocimiento básico de la operación completa.

Humedeciendo el terreno

Una sub-base seca absorbe agua de la parte inferior del concreto fresco. Esto produce esfuerzos debido a niveles diferenciales de humedad en la losa, causando agrietamiento.

Para ayudar a prevenir estos esfuerzos, se debe humedecer la superficie de la sub-base con agua justo antes de la colocación del concreto, permitiendo que el agua moje adecuadamente. La sub-base debe estar apreciablemente mojada pero sin charcos.

El humedecimiento pudiera no ser necesario debido a lluvia reciente.

El envío de la mezcla

Cuando la mezcla es transportada desde la planta hasta el lugar de construcción, el objetivo es que la misma este bien mezclada y trabajable. Es esencial que la mezcla sea uniforme y consistente de carga a carga.

Generalmente, las mezclas de concreto son transportadas por camiones de volteo, camiones agitadores, o camiones revolvedores. La diferencia principal entre estos métodos de transporte es el tiempo disponible para el envío. Excederse en los tiempos de envío afecta la trabajabilidad del concreto. Retrasos importantes pueden hacer necesario detener las operaciones de pavimentación y construir una junta cabecal. (ver página 13)

Camiones de volteo

Los camiones de volteo generalmente disponen de 30 minutos desde que el concreto es mezclado y su entrega en el lugar de la obra. (si se usan aditivos retardantes, el ingeniero supervisor puede extender el tiempo de envío a 60 minutos.)

Agitor trucks

Agitor trucks have an agitator paddle inside the truck box.

If the paddle is not rotating, the vehicle is no different from a dump truck, and the 30-minute rule applies. If the paddle is constantly rotating, agitor trucks generally have up to 90 minutes from initial mixing to delivery.

Ready-mix trucks

Ready-mix trucks can be used for both mixing and delivery. They are most commonly used for dry batch operations and lower-volume paving projects, such as urban paving.

They generally have up to 90 minutes from initial mixing to delivery.

Placing the concrete

To prevent differential compaction that can interfere with good drainage, haul trucks should not be driven on the



Camiones agitadores

Los camiones agitadores tienen un alabe agitador dentro de la caja del camión.

Si el alabe no está activado, el camión no difiere de uno de volteo y la regla de los 30 minutos aplica. Si el alabe está continuamente activado, los camiones agitadores generalmente disponen de hasta 90 minutos desde la mezcla inicial hasta la entrega final.

Camiones revolvedores

Los camiones revolvedores pueden ser usados para ambas, la mezcla y el envío. Estos camiones son comúnmente usados para operaciones de carga seca y proyectos de pavimentación de bajo volumen, tales como pavimentación urbana.

Estos camiones generalmente disponen de hasta 90 minutos desde el mezclado inicial hasta la entrega final.

Colocación del concreto

Después de que la sub-base ha sido compactada, afinada y humedecida, no debe permitirse el tráfico sobre la misma. De ser posible, los camiones que acarrear la mezcla de concreto, deben suministrarlo desde un lado del área por pavimentar.

La mezcla es depositada directamente sobre el terreno enfrente de la pavimentadora, por medio de una banda transportadora o por el método “Especial de Iowa”.

La banda toma el concreto desde el camión y lo deposita al centro del tramo justo enfrente de la pavimentadora. El “Especial de Iowa” acarrea el concreto desde el camión hasta el tramo atrás de la afinadora y delante de la pavimentadora.

(Sub-bases modificadas y rellenos especiales pueden ser especificados en algunos proyectos: Estas aceptan tráfico.)

Top to bottom: ready-mix truck, dump truck with agitator paddle, mixture in front of paver

De arriba a abajo: Camión revolvedor, camión de volteo con alabe agitador, mezcla enfrente de la pavimentadora

subbase. If the grade provides adequate space, delivery vehicles should deliver the concrete from a haul road adjacent to the area to be paved.

The mix is deposited, from off the grade, in front of the paver. It may be deposited by a belt placer or by the “Iowa Special” method.

A belt placer conveys concrete from the delivery trucks to the middle of the paving area just in front of the paver. The “Iowa Special” conveys concrete from haul trucks to the area just behind the trimmer and ahead of the paver.

(Modified subbase and special backfill may be specified on some projects; these materials can be driven on for concrete delivery and deposit.)

Spreading and consolidating the concrete

Slip-form paving is used when large amounts of concrete must be placed efficiently. Unlike fixed-form paving, where stationary forms are placed to hold the concrete mixture, slip-form pavers form and consolidate fresh concrete while they travel.

Slip-form pavers should be operated at a consistent speed. This helps provide steady productivity and a smooth pavement. Maintaining a consistent speed is tied to scheduling the appropriate number of concrete delivery trucks. If there are too few trucks, the paver will have to slow down or stop. If there are too many trucks, they may get backed up at the construction site and risk exceeding concrete placement time limits.

The slip-form paver/finishing machine has three main parts: augers, vibrators, and a profile pan.

Augers/plows

Augers, large horizontal screws in front of the paver, or plows spread the concrete sideways across the width of the pavement to create uniform depth ahead of the pan.

A uniform head of concrete (not too big and not too small) should be maintained. A large head of concrete can cause the paver to rise, creating a bump in the finished pavement. On the other hand, too little concrete can leave gaps at the edge of the pavement. If this happens, the paver may have to be stopped and the gaps filled.

Vibrators

Vibrators consolidate the concrete as it passes under the paver.

Under-vibration may leave large pockets or voids in the concrete. Over-vibration may cause aggregate to settle, causing variations in consistency and strength within the concrete slab. It can also cause loss of entrained air in the slab, which can reduce concrete pavement life and durability.

Extendiendo y consolidando el concreto

Cuando se requiere colocar eficientemente grandes cantidades de concreto es necesario usar cimbra deslizante. A diferencia de la cimbra fija, donde cimbra estacionaria se coloca para mantener la mezcla de concreto en el lugar, las pavimentadoras con cimbra deslizante, forman y consolidan el concreto mientras avanzan.

Las pavimentadoras con cimbra deslizante deben ser operadas a velocidad consistente. Esto ayuda a mantener la producción estable y un pavimento mas liso. Mantener una velocidad consistente esta ligado a programar un numero adecuado de camiones de transporte. Si se tienen de menos, la pavimentadora trabaja mas despacio o se detiene. Si se tienen de más, se genera una fila en la obra de construcción y se arriesga a exceder los limites de tiempo para la colocación del concreto.

Las pavimentadoras / extendedoras tienen tres partes principales: los barrenos, los vibradores y la corona.

Barrenos/arados

Barrenos—son grandes tornillos sin fin horizontales al frente de la pavimentadora—o arados que extienden el concreto hacia lo ancho de la pavimentadora para crear un espesor uniforme de la cama del camino.

Se debe mantener una carga uniforme de concreto (no muy grande, no muy pequeña). Una carga muy grande de concreto puede hacer que la pavimentadora se levante, creando una joroba en el pavimento terminado. Por el contrario, muy poco concreto puede dejar huecos o vacíos en la orilla del pavimento. Si esto sucede, la pavimentadora se debe detener y los huecos rellenar.

Vibradores

Los vibradores consolidan el concreto al momento que pasa por abajo de la pavimentadora.

La baja-vibración puede dejar grandes huecos o vacíos en el concreto. La sobre-vibración causa que los agregados se asienten, produciendo variaciones en la consistencia y en el esfuerzo en toda losa de concreto. También puede causar pérdida de aire incluido, lo cual ocasiona reducción en la vida y durabilidad del pavimento.

Sistemas electrónicos de monitoreo vibratorio deben ser usados para monitorear la frecuencia del vibrador.

La Corona

La corona esta ubicada atrás de los barrenos y los vibradores. Corta el exceso de concreto (también llamado acabado) a la elevación apropiada y lisa de la superficie. Puede ser ajustada para cortar en línea recta, corona parabólica o para construir secciones transversales especiales. Las sobre-elevaciones son curvas horizontales en el pavimento que tienen la pendiente hacia adentro de la

Electronic vibrator monitoring systems should be used to monitor vibrator frequency.

Profile pan

The profile pan is located behind the augers and vibrators. It trims excess concrete (also called screeding or strikeoff) at the proper elevation and smooths the surface. It can be adjusted to trim a straight grade and to construct superelevations. Superelevations are horizontal pavement curves that slope to the inside of the curve. This slope is an important roadway safety feature.

The paver may include finishing equipment as well, such as oscillating screeds or V-floats.

Setting header joints

Header joints are built at the end of a section of pavement where, in the future, pavement construction will continue. Header joints must be constructed at the end of a pour or a day's run, or if paving is delayed by 30 minutes or more.

Header construction (fresh concrete)

1. A header board is placed just beyond the line where the paver has pulled away from the slab.
2. Tie-bars protruding through the header board are placed into the fresh concrete and stick out beyond the board. (The protruding ends will be incorporated into the next pavement section.)
3. The header area is hand-poured, then vibrated, finished, and cured. Concrete should be well consolidated against the header board and finished with an edging tool.

Sawed header (hardened concrete)

1. The paving machine paves beyond the header location and leaves an irregular pavement end.
2. The next day, a full-depth saw cut is made at the header location and the irregular portion removed.
3. Holes are drilled into the sawed face of the pavement and tie-bars secured in the slab with epoxy grout.

The sawed method of header construction is preferred and generally reduces the severity of a potential bump along the header joint.

Resuming placement at a header

- Fresh concrete header: wait at least six hours before resuming paving at the header.
- Remove header boards and all supports before resuming paving.

curva. La pendiente es una característica de seguridad de un camino.

La pavimentadora puede incluir equipo de acabado también, tal como acabadores oscilatorios y llanas en V.

Colocación de juntas de construcción o cabezal

Las juntas cabezal son colocadas al final de una sección de pavimento.

Estas juntas cabezal deben construirse al final de un colado o al término de un día de trabajo, o si las operaciones se retrasan por 30 minutos o más.

Construcción del cabezal (concreto fresco)

1. Una tabla gruesa se coloca perpendicular al pavimento justo al término de la línea donde la pavimentadora se detuvo, la tabla tiene agujeros centrados a cada 12" a lo largo.
2. Luego se colocan barras de unión corrugadas que atraviesan la tabla cabezal, mitad en el concreto fresco y mitad volando. (las puntas salientes serán incorporadas a la próxima sección del pavimento.)
3. El área del cabezal es colada a mano, vibrada, acabada y luego curada. El concreto debe ser muy bien consolidado contra la tabla cabezal y acabado con una herramienta bordeadora.

Cabezal ranurado (concreto endurecido)

1. La máquina pavimentadora pasa mas allá de la ubicación de la junta y deja una superficie irregular en el pavimento.
2. Al siguiente día, un corte a profundidad completa se hace en la ubicación de la junta y la porción irregular es retirada.
3. Agujeros son taladrados en la cara ranurada del pavimento y barras de unión se fijan en la losa con grout epóxico.

El método de ranurado de construcción de juntas es preferible porque generalmente reduce la severidad del bordo a lo largo de la junta cabezal.

Continuar el colado en el cabezal

- Cabezal de concreto fresco; esperar por lo menos 6 horas antes de reiniciar el colado en el cabezal.
- Remover las tablas cabezal y todos los soportes antes de reiniciar el colado.

Placing tiebars during construction

When two or more lanes are placed, tiebars must be placed across the centerline or lane lines to prevent movement along the line. If the paver does not install tie bars mechanically, a crew member rides on the paver and inserts them manually. In either case, a timing device—usually a wheel of a specific circumference riding on the paver track—is used to ensure the correct spacing.

Finishing

Immediately after the paver passes, the surface is normally finished to close holes and create a tight surface. Crews standing along the slab edge run finishing tools (floats and straightedges) across the surface.

If the concrete is not workable, crews tend to overwork the surface or add water in an effort to close the surface. Both overfinishing and adding water, however, can lead to surface scaling caused by freeze-thaw damage.

If the concrete is not workable, notify the project manager so the concrete mixture and/or the paver can be adjusted for better concrete workability.

Texturing

After finishing, two operations are used to create micro-texture (to provide adequate surface friction during dry weather) and macro-texture (to help prevent hydroplaning during wet weather).

Micro-texture is created by dragging astroturf, burlap, or course carpet along the pavement surface. Finally, macro-texture is created with a tining device or rake that makes transverse or longitudinal grooves in the wet pavement surface. The orientation, depth, and spacing of the grooves are specified for each job.

Curing

The importance of managing moisture in concrete immediately after placement cannot be overemphasized.

Concrete moisture is managed primarily through proper curing—that is, by applying curing compound uniformly to the entire surface and exposed edges of the concrete to slow the evaporation of water from the concrete.



Longitudinal tining

Ranurado longitudinal

Colocación de las barras de unión durante la construcción

Cuando dos carriles se vuelan separadamente, barras de unión deben ser instaladas transversal a la línea de centros para prevenir separación a lo largo de la línea. Si la pavimentadora no instala las barras de unión mecánicamente, un miembro de la cuadrilla viaja en la pavimentadora y las inserta manualmente. En cualquier caso, un instrumento de tiempo—usualmente una rueda de circunferencia específica montada en el carril de la pavimentadora—es usado para asegurar el espaciamiento correcto.

Acabado

Inmediatamente después de que la pavimentadora pasa, se da el acabado a la superficie para cerrar oquedades y crear una superficie cerrada. Normalmente, esto lo hacen las cuadrillas ubicadas a lo largo de la orilla de la losa utilizando herramienta especializada (llanas y bordeadoras).

Si el concreto no es trabajable, las cuadrillas tienden a sobre trabajar la superficie o agregar agua en su esfuerzo para dar el acabado. Ambas sobre-acabado y agregar agua pueden ocasionar que la superficie se desquebraje, por tanto reduciendo su durabilidad a largo plazo.

Si el concreto no es trabajable, notificar al gerente de proyecto para que la mezcla de concreto y/o la pavimentadora puedan ser ajustados para mejorar la trabajabilidad.

Texturizado

Después del acabado, dos operaciones pueden ser usadas para crear micro-textura (para dar adecuada fricción en la superficie en clima seco) y macro-textura (para ayudar a prevenir deslizamientos en clima húmedo).

La micro-textura se logra arrastrando un astroturf, una lona, o una manta gruesa sobre la superficie del pavimento. Finalmente, la macro-textura se crea por medio de un artefacto cortante (hojalata), o un rastrillo que forma ranuras longitudinales o transversales en la superficie fresca del pavimento. El ranurado aumenta la tracción de las llantas. La orientación, profundidad, y espaciamiento del ranurado son especificados para cada proyecto.

Curado

Es muy importante proteger la humedad en el concreto inmediatamente después del colado.

La humedad en el concreto se protege con un curado apropiado—esto es, aplicando un compuesto de curado uniformemente sobre la superficie y las orillas expuestas del concreto para sellarlo y así retardar la evaporación del agua.

El curado preserva el agua para la hidratación del cemento, maximizando la resistencia del pavimento y su durabilidad. También ayuda a prevenir que la superficie se

Curing preserves water for hydration, maximizing pavement strength and durability. It also helps prevent the surface from drying out more quickly than the rest of the slab, reducing the possibility of surface damage due to differential shrinkage. (The appearance of small, plastic shrinkage cracks on the concrete surface is a sign that moisture has evaporated too quickly.)

Insulating

If air temperatures drop quickly during the first night after placement, the concrete surface will cool quickly compared to the rest of the concrete. Such extreme temperature variations in the slab can cause concrete to change volume at different rates (differential thermal contraction), which in turn can cause tensile stress and random cracking in the slab.

Covering the new concrete can help reduce extreme variations in temperature throughout the depth of the slab.

Jointing

Why joints are important

Joints help relieve stresses in concrete in a controlled fashion. An effective, well constructed pattern of joints accomplishes the following:

- prevents random cracking and other potential problems,
- allows concrete to crack at predetermined locations,
- prevents faulting, and
- extends pavement life.

Rules of thumb

- Follow the joint layout on project plans. The engineer must approve any change.
- If joint layout plans are not available, work with the engineer.

Joints are either

- sawed into hardening concrete or
- constructed (as in header joints) where new pavement abuts existing pavement.

The following information focuses on constructing joints with saw cuts.

Sawing joints

Although conventional saws are still used on some projects, early-age sawing is fast becoming the norm.

Transverse contraction joints

Early-age saw cuts should be stopped just short of the pavement edge to prevent “blowing out” spalls at the slab

seque mas rápidamente que el resto de la losa, reduciendo así la posibilidad de daño a la superficie debido a contracciones diferenciales. (la aparición de pequeñas grietas de contracción plástica en la superficie del concreto es una señal segura de que la humedad se esta evaporando muy rápidamente.

Aislamiento

Si la temperatura del aire baja rápidamente durante la primera noche después del colado, la superficie del concreto se enfriará muy rápido comparado con el resto del concreto. Tal variación extrema en la losa puede ocasionar que el concreto cambie de volumen a tasas diferentes (contracción termal diferencial), lo cual causa esfuerzos de tensión y agrietamiento irregular en la losa.

Cubriendo el pavimento fresco con mantas de aislamiento ayuda a reducir las variaciones extremas de temperatura en todo el espesor de la losa.

Ranurado de juntas

Porque la juntas son importantes

Las juntas ayudan a aliviar los esfuerzos en el concreto de una manera controlada. Un sistema de juntas efectivo y bien construido produce lo siguiente:

- Previene el agrietamiento de forma irregular y otros problemas potenciales,
- Permite al concreto agrietarse en lugares predeterminados,
- Previene la falla, y
- Extiende la vida útil del pavimento.

Reglas de dedo

- Construya las juntas de acuerdo a los planos de proyecto. El ingeniero debe aprobar cualquier cambio
- Si no hay planos de juntas, pregúntele al ingeniero.

Las juntas pueden ser:

- Ranuradas con sierra en concreto duro
- Construidas (como en las juntas cabestal) donde el pavimento nuevo se junta con el existente,
- Construidas (como en las juntas cabestal)

La siguiente información se enfoca en la construcción de juntas a base de cortes con sierra.

Juntas ranuradas

Aunque el ranurado convencional es usado en algunos proyectos, ranurar a una temprana edad en el concreto se esta convirtiendo en la norma.

edge and to prevent joint sealant from flowing out of the joint end. Once the crack forms at the joint, it will easily proceed through the small uncut portion of the slab.

Longitudinal contraction joints

Most longitudinal joints are constructed by conventional sawing.

Expansion joints

All expansion joints are sawed or formed.

Saw cut timing ("sawing window")

There is a brief period of time—the “sawing window”—during which joints can be sawed successfully.

Begin saw cuts after the concrete has hardened enough to permit sawing without raveling or moving aggregates. Finish saw cuts before random, uncontrolled cracking takes place.

With conventional saws, the window generally begins 8 to 12 hours after placement, depending on weather conditions and mixture properties.

If light, early-age saws are used, the window begins as soon as walking on the pavement is permitted, generally within about 3 hours of placement.

To finish sawing joints before the window ends, it may be necessary to continue sawing operations regardless of weather or daylight conditions.

If cracks develop ahead of a saw, stop sawing that joint. Later, use crack saws to form joint-sealant reservoirs along the crack line.

Depth of saw cuts

The joint layout shows the joint pattern and location. The contract documents should indicate the width and depth of saw cuts.

The design depth of saw cuts is the minimum depth required to create a properly functioning joint. Cuts that are too shallow may not relieve stresses adequately, allowing random cracks to occur. Cuts that are unnecessarily deep require additional effort (take longer), cause unnecessary equipment wear, and reduce aggregate interlock.

In general, the depth of conventional saw cuts is one-third of the pavement thickness. Early saw cuts are approximately 1 inch deep, regardless of pavement thickness.

Effect of aggregate on saw cutting

Hard aggregates like river gravel, quartzite, or granite do not saw easily and can dull or damage saw blades more quickly than other aggregates.

Juntas de contracción transversales

Los cortes ranurados a temprana edad deben detenerse justo antes del borde del pavimento para evitar que el concreto se quiebre en las orillas y también para evitar que el material para sellado de la junta escurra hacia fuera de la junta. Una vez que las grietas se formen en la junta, muy fácilmente continuará a través de la porción no cortada de la losa.

Juntas de contracción longitudinales

La mayoría de las juntas longitudinales se construyen por ranurado convencional.

Juntas de expansión

Todas las juntas de expansión son ranuradas o formadas

El corte de ranurado ("la ventana de ranurado")

Hay un pequeño periodo de tiempo—la “ventana de ranurado”—durante la cual las juntas pueden ser ranuradas exitosamente.

Inicia los cortes de ranura después de que el concreto se ha endurecido lo suficiente para permitir el ranurado sin desmoronamiento en las orillas o sin que los agregados se muevan de su lugar, y antes de que el agrietamiento sin control se empiece a producir.

En ranurados convencionales, la ventana generalmente inicia de 8 a 12 horas después del colado, dependiendo de las condiciones climatológicas y las propiedades de la mezcla.

Para ranuras tempranas y ligeras, la ventana comienza tan pronto como se pueda caminar sobre el pavimento, generalmente después de las primeras tres horas del colado

Para poder terminar el ranurado de las juntas antes de que se acabe la ventana, puede ser necesario continuar las operaciones sin importar las condiciones meteorológicas o la hora del día.

Si las grietas se presentan delante de la ranura, el ranurado debe detenerse. Corte la ranura para el sello de la junta mas tarde a lo largo de la grieta.

Profundidad de los cortes de la ranura

Lo planos de arreglo de juntas deben indicar el patrón y ubicación de las juntas. Los documentos contractuales deben indicar el espesor y la profundidad de los cortes de ranura.

La profundidad de diseño de los cortes de ranura es la profundidad mínima para crear una junta que funcione apropiadamente. Los cortes muy superficiales pueden no aliviar los esfuerzos adecuadamente, propiciando el agrietado sin control. Los cortes innecesariamente muy profundos requieren esfuerzo adicional (se tarda demasiado), causa desgaste innecesario en el equipo y reduce el amarre de las partículas del agregado.

Sawing concrete made with hard aggregate will require more time, so sawing should begin as soon as possible and may require additional saw operators.

Cleaning and sealing joints

Within three hours of sawing, joints must be cleaned to remove incompressible residue like saw-cut swarf, soil, sand, or gravel. These materials in joints can prevent proper sealant adhesion, resulting in joints that do not function properly.

After wet-sawing, flush the residue away with a high-pressure water blast. After dry-sawing, residue can be air-blasted.

Sealing joints ensures proper joint performance (expansion and contraction). It also prevents incompressible materials from getting lodged in the joint space, which can cause spalls.

Place joint sealer only when the joint surfaces appear dry. Joint sealer is sensitive to temperature and should be placed when the pavement and surrounding air temperature are about 40°F (4°C) or higher.

Most sealants are approved by manufacturer and product name.



Cleaning joints with high-pressure air
Limpieza de juntas con aire a alta presión

Special weather considerations

Hot, dry weather paving

Definition

Temperatures generally above 90°F (32°C), low relative humidity, high wind speed, sunny conditions

En general los cortes convencionales de ranuras son de 1/3 del espesor del pavimento. Los cortes tempranos son de 1 pulgada aproximadamente, sin importar el espesor del pavimento.

Efecto del agregado en el ranurado

Agregados duros, tales como grava de río, cuarcita, o granito, no se pueden ranurar fácilmente y pueden desafilarse y aun dañar las cuchillas más rápidamente que otros agregados.

Las ranuras en concreto con agregados duros requieren mas tiempo, por lo que deben iniciarse tan pronto sea posible y pueden requerir sierras adicionales.

Limpieza y sellado de juntas

Dentro de las tres horas siguientes al ranurado, las juntas deben ser limpiadas para remover el residuo incompresible tal como viruta y polvo del corte, suelo, arena, o grava; estos materiales en las juntas pueden prevenir la adhesión del sellador, lo que resulta que la junta no funcione adecuadamente.

Si se hace el ranurado utilizando agua, el residuo debe ser retirado con chorro de agua a alta presión. Si se hace el ranurado en seco, el residuo puede ser retirado con aire a alta presión.

El sellado de las juntas asegura un desempeño apropiado de la junta (expansión y contracción). También previene que material incompresible se introduzca en la junta, lo cual puede causar despostille.

Coloque el sellador de junta solamente cuando la superficie de la misma esta seca. El sellador de juntas es sensible a la temperatura y debe ser colocado cuando la temperatura del pavimento y del aire es 40 grados F (4 grados C) o mas alta.

La mayoría de los selladores son aprobados por productor y por nombre de producto.

Condiciones especiales de clima

Pavimentando en clima seco y caliente

Definición

Temperatura arriba de 90 a 90° F (32° C), baja humedad relativa, alta velocidad del viento y condiciones soleadas.

Challenges

- Concrete loses moisture more rapidly during hauling and placing.
- Aggregate stockpiles dry out, affecting moisture consistency between batches.
- The pavement subbase dries out before the mixture is placed, then absorbs water from the mixture.
- Rapid water evaporation at the pavement surface can result in shrinkage cracks.
- It's more difficult to entrain air when temperatures are high. Entrained air is important for pavement durability.
- Concrete sets rapidly, perhaps twice as fast, making finishing more difficult.
- Sawing operations must proceed more rapidly. Additional saws may be required.

Once heat-related problems develop, it may be too late to fix them.

Precautions

- If possible, do not pave in very hot, dry weather.
- Pave in the morning, evening, or night when air temperatures are cooler.
- Maintain uniform moisture in stockpiles.
- Use retarders in the mixture to slow hydration.
- Use fly ash and slag in the mixture.
- Keep subbase, forms, and equipment damp and cool.
- Apply curing compound as soon as possible. Additional compound may be required.

Cold weather paving

Definition

Air temperature of 50°F or less (10°C) for more than half of any 24-hour period, or when the average daily air temperature is less than 40°F (5°C) for three consecutive days.

Challenges

During cold weather, hydration slows, slowing strength development. Concrete cools faster at the surface than inside the slab, causing stress in the slab. If the stress is severe enough, the slab will crack randomly.

Retos

- El concreto pierde humedad más rápidamente durante el acarreo y la colocación.
- Las pilas de agregados se pueden secar, lo cual afecta la consistencia de humedad entre batidas.
- La sub-base del pavimento se seca antes de la mezcla sea colocada, y entonces absorbe agua de la mezcla.
- La rápida evaporación en la superficie del pavimento resulta en grietas por contracción.
- Es más difícil mantener el aire incluido cuando las temperaturas son altas. El aire incluido es importante para la durabilidad del pavimento.
- El concreto fragua rápidamente, tal vez doblemente rápido, haciendo el acabado más difícil.
- Las operaciones de ranurado deben realizarse más rápidamente. Pueden requerirse ranuras adicionales.

Una vez detectados los problemas con alta temperatura, puede ser muy tarde para resolverlos.

Precauciones

- Si es posible no pavimentar en clima muy seco y caliente.
- Pavimentar en la mañana, en la tarde, o en la noche cuando las temperaturas del aire sean más bajas.
- Mantener humedad uniforme en los almacenes.
- Usar retardantes en la mezcla para desacelerar la hidratación.
- Usar ceniza volante y escoria en la mezcla.
- Mantener la sub-base, la cimbra y el equipo húmedo y fresco.
- Usar compuestos adicionales para el curado. Se puede requerir compuesto adicional.

Pavimentando en clima frío

Definición

Temperatura de aire de 50° F o menos (10° C) por mas de la mitad de cualquier periodo de 24 horas, o cuando el promedio diario de temperatura del aire es menos que 40° F (5° C) por tres días consecutivos.

Retos

En clima s fríos, la hidratación se hace lenta, retardando el desarrollo de la resistencia del concreto. El concreto se enfría mas rápido en la superficie que dentro de la losa, causando esfuerzos en la misma. Si los esfuerzos son grandes, la losa se puede agrietar sin control.

Precautions

- Do not pave on frozen subgrade.
- Do not use aggregates with frozen lumps.
- Heat materials to raise concrete temperature and promote hydration.
- Minimize use of fly ash and slag.
- Do not pave if the concrete cannot reach adequate strength before it freezes.
- For the first two to three days, protect concrete from freezing with insulating material.

Rain

Challenges

- Before final set, rain can damage the new pavement surface by leaving imprints or washing away paste at the surface.
- After final set, rain can induce rapid cooling at the surface, leading to rapid development of thermal restraint stresses and possibly early-age, uncontrolled cracking.

Precautions

If it starts to rain during operations, take the following actions:

- Stop batching and placing operations and cover the fresh concrete immediately with protective coverings like polyethylene sheeting or burlap. (Do not try to remove extra surface water first. Do not add dry cement to the surface.)
- As soon as the surface has dried, apply curing membrane.
- After the curing period, diamond grinding may be required to remove surface blemishes and provide texture to any surface exposed to rain where damage has occurred.



Precauciones

- No pavimentar sobre la terracería congelada.
- No usar agregados con trozos congelados.
- Calentar los materiales para aumentar la temperatura y facilitar la hidratación.
- Minimizar el uso de la ceniza volante y escoria.
- No pavimentar si el concreto no alcanza suficiente resistencia antes de que se congele.
- Por los primeros dos o tres días, proteger el concreto de la congelación con material aislante.

Lluvia

Retos

- Antes del fraguado final, la lluvia puede dañar la superficie del nuevo pavimento dejando huellas o lavando la pasta en la superficie.
- Después del fraguado final, la lluvia puede inducir un enfriamiento superficial, creando el rápido desarrollo de esfuerzos restrictivos y posiblemente agrietamiento no controlado a edad temprana.

Precauciones

Si empieza a llover durante las operaciones, toma las siguientes acciones:

- Detener las operaciones de colado y cubrir el concreto fresco inmediatamente con cubiertas protectoras tal como hojas de polietileno o cobertores de lona. (No trate de drenar los charcos. No agregue cemento seco a la superficie.)
- Tan pronto como se seque la superficie, aplique membrana para curado.
- Después del periodo de curado, pudiera requerirse desbaste con cuchilla de diamante para remover cualquier imperfección de la superficie expuesta a la lluvia y que haya sido dañada.

A heavy rain before final set can wash away cement paste and expose coarse aggregates.

Una lluvia abundante antes del fraguado final puede deslavar partes de la superficie del pavimento.

Troubleshooting (Soluciones)

General Problems Problemas Generales	Potential Result (s) Resultado(s) Potenciales	Possible Cause(s) Causas Posibles	What to Do? Que Hacer?
False set Falso fraguado	Stiff, unworkable mixture Mezcla dura, no trabajable	Form of gypsum in cement and/or admixture incompatibility Algo de yeso en el cemento y/o incompatibilidad del aditivo	Perform additional mixing Dar mezclado adicional
Flash set Fraguado rápido	Reduced workability, poor rapid set (cannot be fixed) Trabajabilidad reducida, fraguado rápido (no se puede arreglar)	Low gypsum content in portland cement Bajo contenido de yeso en el cemento pórtland	Get new supply of portland cement Abastecerse de nuevo cemento pórtland
Equipment breakdown Descompostura de equipo	Costly reductions in productivity and pavement quality Reducciones costosas en productividad y calidad del pavimento	Poor maintenance Mantenimiento pobre	Maintain equipment regularly Dar mantenimiento regular al equipo
High water/cement (w/c) ratio Alta relación agua/cemento (a/c)	Reduced strength Disminución de la resistencia	Adding water on site Aregarle agua en el sitio	Adjust the amount of water added at plant; do not add water at the construction site Ajustar el agua en la planta; no agregar agua en la obra
Inadequate consolidation and workability Consolidación y trabajabilidad inadecuadas	Reduced strength and durability Resistencia y durabilidad reducidas	Vibrator problems; inadequate mixing Problemas con el vibrador; mezclado inadecuado	Monitor vibrators for compliance and repair as needed; provide adequate mixing Revisar los vibradores y repararlos según se requiera; mezclar adecuadamente
Inadequate entrained air Aire incluido inadecuado	Reduced concrete durability; possible negative effect on pay factors Reducción en la durabilidad del concreto; posible efecto negativo en los factores de pago	Weather; short mixing time El clima, duración corta de mezclado	Monitor consistently, especially on extreme weather days Revisar consistentemente, especialmente en días de clima extremoso
Dips in pavement profile Caída en el perfil del pavimento	Reduced pavement smoothness; variations in slab thickness Se reduce la finura del pavimento; variaciones en el espesor de la losa	Moved or otherwise disturbed stringline; ruts or irregularities in subbase surface Cordel movido de su lugar o dañado; surcos o irregularidades en la superficie de la sub-base	Place stringline as low as possible; monitor stringline regularly and notify supervisor of stringline disturbances; ensure smooth, rut-free subbase surface Colocar el cordel lo más abajo posible; monitorearlo regular- mente y notificar al supervisor de daños al cordel; asegurar una sub- base limpia y libre de surcos.
Bumpy, rutty haul road Camino de acceso dañado con baches	Increased mix delivery time; reduced productivity; possible pumping of stringline pins Aumento en el tiempo de la entrega de la mezcla; reducción en la productividad; posible salida de los pernos del cordel	Poorly maintained haul road Mal mantenimiento al camino de acceso	Maintain road during construction Dar mantenimiento al camino durante la construcción
Sudden weather change: rain Cambio súbito en el clima: lluvia	Increased w/c ratio on the surface; reduced durability on the surface; loss of texture Se incrementa la relación agua / cemento (a/c) en la superficie; se reduce la durabilidad; pérdida de la textura		Stop paving; cover the slab to protect it from rain damage Detener el colado; cubra la losa para protegerla del daño de la lluvia
Sudden weather change: cold front Cambio súbito en el clima: frente frío	Stresses due to sudden temperature change that can result in increased random cracking Esfuerzos debido al cambio súbito en la temperatura pueden resultar en el agrietamiento sin control		Protect fresh concrete with additional curing; consider insulation Proteger el concreto fresco con curado adicional; considerar aislamiento

Troubleshooting (Soluciones), continued

Hot and Cold Weather Clima Caliente y Frío	Characteristics Características	Possible Effect(s) and Problem(s) Posible(s) Efecto(s) y Problema(s)	What to Do? Que Hacer?
Hot and dry Caliente y seco	High air temp (above 90° F or 32° C); low relative humidity; high wind speed; sunny Alta temperatura del aire (arriba de 90° F o 32° C), humedad relativa baja, alta velocidad del aire, soleado	High rate of water evaporation from mixture, especially with hot concrete (above 90° F) • Dry stockpiles • Rapid slump loss • Long-term strength loss due to added water • Rapid setting; less time for finishing • Rápida evaporación de agua de la mezcla, especialmente con concreto caliente (arriba de 90° F) • Agregados secos • Pérdida rápida de revenimiento • Pérdida de resistencia a largo plazo por el agua agregada • Fraguado rápido, menos tiempo para el acabado	<ul style="list-style-type: none"> • If possible, do not pave in very hot, dry weather. • Plan ahead (once problems are noticed, it may be too late to correct them). • Pave in the morning, evening, or night. • Maintain stockpile moisture. • Keep subbase and/or forms damp and cool. • Keep equipment cool. • Use retarder in mixture. • Chill water in mixture. • Take extra care with curing; use additional curing compound. • Si es posible, no pavimentar en clima muy caliente y seco. • Anticipa y toma medidas a tiempo (una vez que los problemas aparecen, puede ser muy tarde para corregirlos). • Pavimenta en la mañana, ya tarde, o en la noche. • Mantén los agregados húmedos. • Mantenga la sub-base y/o las cimbras húmedas y frescas. • Mantenga el equipo fresco. • Tome especial cuidado con el curado y use compuestos adicionales.
Cold Frío	Low air temp (below 50° F or 10° C) Baja temperatura de aire (abajo de 50° F o 10° C)	<ul style="list-style-type: none"> • Low heat of hydration; very slow set • Frozen concrete mixture • Low strength gain • Increased concrete permeability • Bajo calor de hidratación, fraguado muy lento • Mezcla de concreto congelada • Bajo aumento de resistencia • Aumento en la permeabilidad del concreto 	<ul style="list-style-type: none"> • If possible, do not mix or pave in very cold weather. • Heat materials. • Add accelerator to mixture. • Increase portland cement in mixture. • Si es posible, no mezclar o pavimentar en clima muy frío. • Calentar los materiales. • Agregar acelerante a la mezcla. • Incrementar el cemento portland a la mezcla.
Sawing Problems Problemas de Ranurado	Potential Result (s) Resultado(s) Potenciales	Possible Cause(s) Causas Posibles	What to Do? Que Hacer?
Cracks form before sawing Las grietas se forman antes del ranurado	Random, irregular cracks Gritas irregulares sin control	Sawing too late Ranurar demasiado tarde	Immediately begin skip sawing: jump ahead to saw every second or third joint. Empieza inmediatamente a saltarte las ranuras: bríncale adelante a ranurar la segunda o tercer junta.
Cracks form during sawing, in front of the saw Las grietas se forman durante el ranurado, enfrente del corte	If sawcutting continues near a crack, the sawed joint will not function correctly; this could lead to spalling and other performance problems Si el ranurado continua, la junta ranurada no funcionará correctamente; esto puede provocar el concreto se despostille y otros problemas de desempeño	Sawing too late Ranurar demasiado tarde	Immediately begin skip sawing: jump ahead to saw every second or third joint. Empieza inmediatamente a saltarte las ranuras: bríncale adelante a ranurar la segunda o tercer junta.
Sawcut ravel during sawing El corte se desmorona durante el ranurado	Spalled joints Juntas despostilladas	Sawing too early Ranurar demasiado pronto	Stop sawing and wait for more strength to develop in the concrete. Detener el corte y esperar a que el concreto adquiera mayor resistencia.
Joint face ravel or spalls La cara de la junta se desmorona o se despostilla	Poor joint performance over the long term. Mal desempeño de las juntas a largo plazo	Sawcutting performed too early; poor sawcutting operation; joint area not cured properly Ranurar demasiado pronto; mala operación de ranurado; el área de la junta no ha sido curada apropiadamente	Review and correct sawcutting operations and joint face curing process. Revisar y corregir las operaciones de ranurado; revisar el proceso de curado de las caras de las juntas.

Troubleshooting (Soluciones), continued

Sealing Problems Problemas de Sellado	Potential Result (s) Resultado(s) Potenciales	Possible Cause(s) Causas Posibles	What to Do? Que Hacer?
Poured joint sealant does not adhere El sellador aplicado a la junta no se adhiere	Water or incompressible materials may enter joint, causing poor joint performance El agua o materiales incompresibles pueden entrar a la junta, causando un pobre desempeño de la junta	Joint face is dirty; joint shape factor is incorrect; concrete is too green when sealed and therefore contains too much moisture La cara de la junta esta sucia; el factor de forma de la junta es incorrecto; el concreto esta muy fresco al sellarlo y por lo tanto contiene mucha humedad	Check joint face for cleanliness and dryness; check joint shape factor; replace sealer. Revisar que la junta este limpia y seca; revisar el factor de forma de la junta; reemplazar el sellador
Poured joint sealant fails (it is not cohesive) El sellador aplicado a la junta falla (no se adhiere)	Water or incompressible materials may enter joint, causing poor joint performance El agua o materiales incompresibles pueden entrar a la junta, causando un pobre desempeño de la junta	Poor sealant properties due to over or under heating Propiedades pobres del sellador debido al sobre o bajo calentamiento	Reduce heat; apply proper heat; use insulated hoses; replace sealant Reducir el calor; aplicar el calor apropiado; usar mangueras con aislamiento; reemplazar el sellador
Preformed sealant is loose El sellado preformado esta suelto	Water or incompressible materials may enter joint, causing poor joint performance El agua o materiales incompresibles pueden entrar a la junta, causando un pobre desempeño de la junta	Sealant is not sized properly; joint too wide; stretched sealant El sellador no esta dimensionado apropiadamente; la junta esta demasiado ancha; sellador estirado	Use properly sized sealant (check joint width); check sealant quality; review installation procedure. Usar el sellador apropiadamente dimensionado (revisar el ancho de la junta); revisar la calidad del sellador; revisar el procedimiento de instalación

Authors

Jim Grove, PCC paving engineer, Center for Portland Cement Pavement Technology (PCC Center), Iowa State University

Harold Smith, training coordinator, PCC Center

Marcia Brink, communications manager, Center for Transportation Research and Education, Iowa State University

Translator

Augusto Canales, PhD, Department of Civil, Construction and Environmental Engineering, Iowa State University

Reviewers

Todd Hanson, PCC materials engineer, Iowa DOT Materials Lab

Chris Brakke, pavement design engineer, Iowa DOT

Kevin Merryman, PCC field engineer, Iowa DOT

Curt Manatt, Manatts Inc., Johnston, Iowa

Concrete Paving Notes are published by the Center for Portland Cement Concrete Pavement Technology at Iowa State University.

E. Thomas Cackler, P.E., Director, pcconc@iastate.edu
Marcia Brink, Managing Editor, mbrink@iastate.edu

Partners

Iowa Concrete Paving Association
Iowa Department of Transportation
Department of Civil, Construction and Environmental Engineering at Iowa State University
Center for Transportation Research and Education at Iowa State University

P 486-1255

Center for Portland Cement Concrete Pavement Technology
ISU Research Park
2901 S. Loop Drive, Suite 3100
Ames, IA 50010-8632

RETURN SERVICE REQUESTED

About the oversight committee

To ensure the quality and accuracy of Concrete Paving Notes, a PCC Center committee oversees their development, reviews drafts, and provides technical input.

Committee members include the following:

Chris Brakke	Iowa Department of Transportation
Marcia Brink	Center for Transportation Research and Education, Iowa State University
Jim Cable	Iowa State University
Tom Cackler	PCC Center
Jim Grove	PCC Center
Todd Hanson	Iowa Department of Transportation
Gordon Smith	Iowa Concrete Paving Association
Harold Smith	PCC Center
Bob Steffes	PCC Center
Kejin Wang	Iowa State University

Employees of local transportation agencies and Iowa contractors also review drafts and provide feedback to ensure the notes (1) provide useful technical information, (2) are easy to understand, and (3) are valuable educational tools for staff training and development.